云　南　植　物　研　究　2009，31（5）：447～453
Acta Botanica Yunnanica　DOI：10.3724 SP.J.1143.2009.09049

银杏幼苗雌雄株对盐胁迫响应的差别

蒋雪梅[1]，胡进耀[2]，戚文华[1]，陈光登[1]，胥　晓[1]
(1 西华师范大学生命科学学院，四川 南充　637002；2 绵阳师范学院生命科学与技术学院，四川 绵阳　621000)

摘要：采用对盆栽银杏（*Ginkgo biloba*）雌雄幼苗浇灌 NaCl（40 mmol L^{-1}）溶液模拟土壤受盐胁迫的方法，研究银杏雌雄幼苗气体交换特征、内在水分利用效率（WUE）、游离脯氨酸含量（Pro）、超氧化物歧化酶（SOD）及过氧化物酶（POD）活性在盐胁迫下的差异。结果表明：(1) 盐胁迫后雌株的净光合速率、气孔导度以及蒸腾速率与对照相比分别降低45.87%、25.00%、16.47%，而雄株的气孔导度、胞间 CO_2 浓度和蒸腾速率分别升高了10.00%、8.10%、22.95%；(2) 盐胁迫显著降低了银杏幼苗的 WUE（$P = 0.020$），与对照下相比，雌、雄 WUE 分别下降30.47%、46.38%；(3) 盐胁迫显著提高了雄株的游离 Pro 含量，但对雌株影响不显著；(4) 盐胁迫使银杏雌、雄幼苗 SOD 活性分别降低了22.96%、23.18%，但下降幅度均不显著。然而盐胁迫会显著降低雌株的 POD 活性，但对雄株无显著影响。上述结果同时表明，40 mmol L^{-1} 的 NaCl 溶液不仅会降低银杏雌雄幼苗的光合速率，影响气体交换，还会降低 WUE、SOD 及 POD 等酶活性，提高游离 Pro 含量，但雌株受到的负面效应小于雄株。与雄株相比，雌株在盐胁迫下能通过维持较高的光合速率贮藏能量，较低的蒸腾速率和较高的内在水分利用效率以减少水分散失，以及较高的抗氧化物酶活性来缓解盐胁迫带来的氧化胁迫，使其受到的负面影响减小。

关键词：银杏；雌、雄株；气体交换；抗氧化系统酶；盐胁迫
中图分类号：Q 945　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：0253-2700 (2009) 05-447-07

Different Physiological Responses of Male and Female *Ginkgo biloba* (Ginkgoaceae) Seedlings to Salt Stress

JIANG Xue-Mei[1], HU Jin-Yao[2], QI Wen-Hua[1], CHEN Guang-Deng[1], XU Xiao[1**]
(1 *College of Life Science*, *China West Normal University*, Nanchong, 637002, China; 2 *College of Life Science* & *Biotechnology*, *Mianyang Normal University*, Mianyang, 621000, China)

Abstract: In the present study, male and female *Ginkgo biloba* seedlings were used to examine changes in gas exchange, the intrinsic water use efficiency (WUE), free proline (Pro) content, peroxidase (POD) and superoxide dismutase (SOD) activity under the condition of adding 40 mmol L^{-1} NaCl solution into the soil monitoring the soil under the salt-stress. The results showed that the net photosynthetic rate, stomatal conductance and transpiration rate in salt-stressed female *G. biloba* seedlings decreased 45.87%, 25.00%, 16.47% respectively, while the stomatal conductance, intercellular CO_2 concentration, and transpiration rate in salt-stressed male seedlings increased 10.00%, 8.10%, 22.95%, respectively comparing with control; Significantly, lower levels of the WUE were observed in both salt treated female and male seedlings which decreased ($P = 0.020$), 30.47% and 46.38% respectively. Salt-stressed male seedlings were found higher level of free Pro content while no significant change were found in the same treated female seedlings. The SOD activities in both treated seedlings decreased 22.96% and 23.18% respectively without significant variations. Furthermore, the activities of POD in

基金项目：国家自然基金资助项目 (30771721)；西华师范大学博士科研启动基金 (08B074)；大学生科技创新基金 (42708052)
通讯作者：Author for correspondence; E-mail: xuxiao_cwnu@163.com; Tel: 13568618908
收稿日期：2009-03-13，2009-06-04 接受发表
作者简介：蒋雪梅 (1984-) 女，硕士研究生，主要研究方向为植物生理生态。E-mail: jiangxuemei841218@163.com

salt treated female seedlings decreased significantly, while that of the male showed no significant change at all. It was indicated that under 40 mmol L^{-1} NaCl salt stress treatment female seedlings maintained higher photosynthetic rate to accumulate energy, lower transpiration rate and higher intrinsic water use efficiency to reduce disperse of water content, and higher antioxidant enzyme activities to relieve oxidative stress which may resulted in female seedlings received less negative effect than male seedlings under salt stress condition.

Key word: *Ginkgo biloba*; Female and male plants; Gas exchange; Antioxidant defenses enzyme system; Salt stress

目前全世界接近一半的灌溉地已受到盐碱化的威胁，中国的盐渍化和次生盐渍化土地也有4.0×10^7 hm^2 以上 (Zhu, 2001; 赵可夫和李法曾, 1999)。土壤盐渍化严重制约了当地农林业的发展，为此国内外众多学者对许多经济作物和森林树木做了大量研究，但主要是针对于雌雄同株植物，很少涉及雌雄异株植物。据报道，由于长期进化的结果，雌雄异株植物的雌、雄株在生长、存活、生殖格局、空间分布和资源配置等方面已经表现出明显的差异 (Bierzychudek and Eckhart, 1988; Bullock and Bawa, 1981; Jing and Coley, 1990; Melampy and Howe, 1977; Wallace and Rundel, 1979; 胥晓等, 2007)，但有关它们在环境胁迫下生理响应差异的研究却少有开展，尤其是对盐胁迫的响应。故研究雌雄异株植物对盐胁迫响应的性别差异具有重要意义。

银杏 (*Ginkgo biloba* L.) 俗称白果、公孙树，是一种古老的雌雄异株植物，有"金色活化石"之称。它具有较高的经济价值和生态效益，在世界各地被广泛栽培，已成为多用途的珍稀树种之一 (Major, 1967)。过去关于银杏的研究主要集中在发生、发育、有效成分提取、栽培和药用等方面 (李雪梅等, 2007; 王建等, 2000; 周志炎, 2003; 于荣敏等, 2004; Smith and Luo, 2004; 陈学森等, 1998)，而对其生理特性的性别差异还缺乏系统、深入的研究。本文通过对土壤灌施NaCl溶液的方法来研究盐胁迫下银杏雌雄幼苗在光合参数、抗氧化酶活性以及渗透调节物质含量等方面的变化，从而揭示雌雄植株对盐胁迫响应的性别差异，为林业生产和实践提供一定的理论参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

试验地位于四川省南充市郊的西华师范大学生命科学学院试验基地内。南充地区地处北纬30°35′～31°51′，东经105°27′～106°28′，整个区域属亚热带湿润型季风气候，年均温15.8℃～17.8℃，年平均降雨量约980～1 150 mm，年均相对湿度76%～86% (罗培和周申立, 2007)。

1.2 材料与试验设计

研究材料源于当地园林公司提供的2年生银杏实生苗，植株的雌雄性别采用溴麝香草酚蓝法进行鉴定 (龙程和潘瑞炽, 1991)。处理前分雌雄从幼苗中各选取20株大小基本一致的植株，移栽至装有苗圃熟土、容积为10 L的塑料盆中。每盆土壤重量控制为8 kg并施加缓效肥12 g (13% N、10% P、14% K)。2008年9月初开始进行盐胁迫处理。

试验采用2因素 (性别和盐胁迫) 完全随机设计。银杏雌雄幼苗各选择20盆，其中10盆用40 mmol L^{-1}的NaCl溶液 (以1 2 Hoagland完全培养液为溶剂) 浇灌土壤，作为盐胁迫处理。另10盆用同种培养液浇灌土壤，作为对照。处理每隔3 d实施1次，参照刘爱荣等 (2007) 的处理方法，每次每盆1 L (浇灌量约为土壤持水量的2倍，大约有2 3的溶液流出)，从而将积余的盐冲洗掉，以保持NaCl浓度恒定。为防止降雨影响，下雨前搭建临时雨棚。

1.3 测量方法

1.3.1 气体交换测定　处理后10 d采用LI-6400便携式光合测定仪测定植株的气体交换特征。随机选择各种处理下的雌雄植株各5株，并选取各植株上部第3或4片完全展开的向阳叶片用于测定。测定时间为上午10: 00～11: 00，测定指标有净光合速率 (Pn)，气孔导度 (Gs)，胞间CO_2浓度 (Ci) 和蒸腾速率 (Tr)。此外，用Pn与Gs之比来计算WUE (Xu等, 2008)。

1.3.2 游离脯氨酸及部分抗氧化系统酶的测定　处理后16 d，随机选择各种处理下的雌雄植株各5株，并选取各植株上部第3或4片完全展开的向阳叶片用于测定游离脯氨酸 (Pro) 含量、超氧化物歧化酶 (SOD) 活性以及过氧化物酶 (POD) 活性。方法如下:

游离Pro含量测定　分别取0.3 g叶片用于试验，采用茚三酮显色法测定 (Bates等, 1973)。

SOD活性测定　分别取0.3 g叶片于预冷的研钵中，加入6 ml预冷的提取缓冲液 (磷酸缓冲液，pH 7.8，并含有1 mmol L^{-1}乙二胺四乙酸 (EDTA) 和1%聚乙烯吡咯烷酮 (PVP)) 研磨成匀浆。匀浆在4℃下，12 000×

g 下离心 30 min，取上清液（酶液）用于试验。SOD 活性的测定采用氮蓝四唑（NBT）比色法（Giannopolits and Ries，1977）。

POD 活性测定　分别取 0.3 g 叶片于预冷的研钵中，加入 6 ml 预冷的提取缓冲液（磷酸缓冲液，pH 7.0，并含有 1 mmol L^{-1} EDTA 和 1% PVP）研磨成匀浆。匀浆在 4℃下，12 000× *g* 下离心 30 min，取上清液（酶液）用于试验。POD 活性的测定采用愈创木酚法（Chance and Maehly，1955）。

1.4　统计分析

利用 SPSS13.0 统计软件进行数据处理。平均值间的比较采用单因素方差分析方法（One-Way ANOVA）。多重比较采用邓肯多重范围检验（Duncan's Multiple Range Test）。对性别与处理之间的交互作用采用多因素方差分析（Multivariate Analysis）。

2　结果与分析

2.1　盐胁迫下银杏雌雄幼苗间气体交换的差异

盐胁迫下测得银杏雌雄幼苗的气体交换参数结果见表 1。

从表 1 整体上看，40 mmol L^{-1} 的盐胁迫显著降低了银杏植株的 Pn（$P = 0.001$），提高了 Ci（$P = 0.006$），但对 Gs 和 Tr 无显著影响；在对照条件下（未受盐胁迫），银杏雌雄幼苗之间在 Pn、Gs 和 Tr 方面具有显著差异，雌株具有比雄株更高的 Pn、Gs 和 Tr，而在 Ci 上无明显差异；盐胁迫下，雌雄幼苗之间在 Pn 和 Ci 方面具有显著差异，雌株具有比雄株更高的 Pn 和更低的 Ci 值，而雌雄之间在 Gs 和 Tr 上无明显差异。

从盐胁迫对雌、雄幼苗的不同作用结果来看，胁迫后雌株的 Pn 值由 3.51 降至 1.90，降低了 1.61（45.87%），Gs 值降低了 0.05（25.00%），Ci 值增加了 10.54（2.95%），Tr 值降低了 0.57（16.47%）（表 1）；而雄株的 Pn 值降低了 0.59（42.75%），Gs 值增加了 0.01（10.00%），Ci 值增加了 29.66（8.10%），Tr 值增加了 0.42（22.95%）（表 1）。上述结果表明，40 mmol L^{-1} 的盐胁迫会降低银杏雌雄幼苗的光合速率，并对其光合系统造成了一定程度的破坏。然而在盐胁迫下雌株较雄株能通过维持较低的蒸腾速率、气孔导度和胞间 CO_2 浓度来降低盐胁迫对其气体交换的影响。

2.2　盐胁迫下银杏雌雄幼苗间内在水分利用效率和游离脯氨酸含量的差异

盐胁迫下测得银杏雌雄幼苗的内在水分利用效率和游离脯氨酸含量结果见图 1。

由图 1A 可知，盐胁迫显著降低了银杏幼苗的内在水分利用效率（WUE）（$P = 0.020$），其中雌株的 WUE 由 18.77 降至 13.05，降低了 30.47%；雄株的 WUE 值由 14.66 降至 7.86，降低了 46.38%。在对照和盐胁迫两种条件下，雌株的 WUE 值均略高于雄株，但两者之间无显著差异（$P = 0.074$）。

由图 1B 可知，盐胁迫会显著提高银杏雌雄幼苗的 Pro 含量（$P = 0.010$），尤其是雄株提高

表 1　盐胁迫下银杏雌雄幼苗的气体交换特征

Table 1　The gas exchange characteristics of male and female *Ginkgo biloba* seedlings under salt stress

处理 Treatment	性别 Sex	Pn（μmol $m^{-2}s^{-1}$）	Gs（mmol $m^{-2}s^{-1}$）	Ci（μmol mol^{-1}）	Tr（mmol $m^{-2}s^{-1}$）
CK	Female	3.51±0.387a	0.20±0.021a	357.78±5.905b	3.46±0.282a
	Male	1.38±0.184bc	0.10±0.005c	366.30±3.254b	1.83±0.099c
	$P > F_S$	0.001***	0.001***	0.242ns	0.001***
NaCl	Female	1.90±0.272b	0.15±0.021ab	368.32±3.424b	2.89±0.313ab
	Male	0.79±0.084c	0.11±0.020bc	395.96±10.236a	2.25±0.362bc
	$P > F_S$	0.005**	0.188ns	0.034*	0.214ns
	$P > F_T$	0.001***	0.416ns	0.006**	0.791ns
	$P > F_{S\times T}$	0.062ns	0.084ns	0.152ns	0.103ns

(1) 测定值以平均值±标准误表示，测定值后具相同字母则表明相互间无显著差异（采用邓肯多重范围检验法（Duncan's Multiple Range Test））。*，$P < 0.05$；**，$P < 0.01$；***，$P < 0.001$；ns，无显著差异。(2) $P > F_S$，银杏雌、雄间差异的显著性概率；$P > F_T$，NaCl 溶液处理前后差异的显著性概率；$P > F_{S\times T}$，性别和处理交互作用差异的显著性概率。

(1) Each value is the mean±standard error. Values followed by the same letter in the same column are not significantly different at the $P > 0.05$ level according to Duncan's multiple range test. *，$P < 0.05$；**，$P < 0.01$；***，$P < 0.001$；ns，no significance. (2) $P > F_S$，the probability of significant difference between sexes；$P > F_T$，the probability of significant difference between salt treatments；$P > F_{S\times T}$，the probability about significant interaction effect of sex and salt treatment.

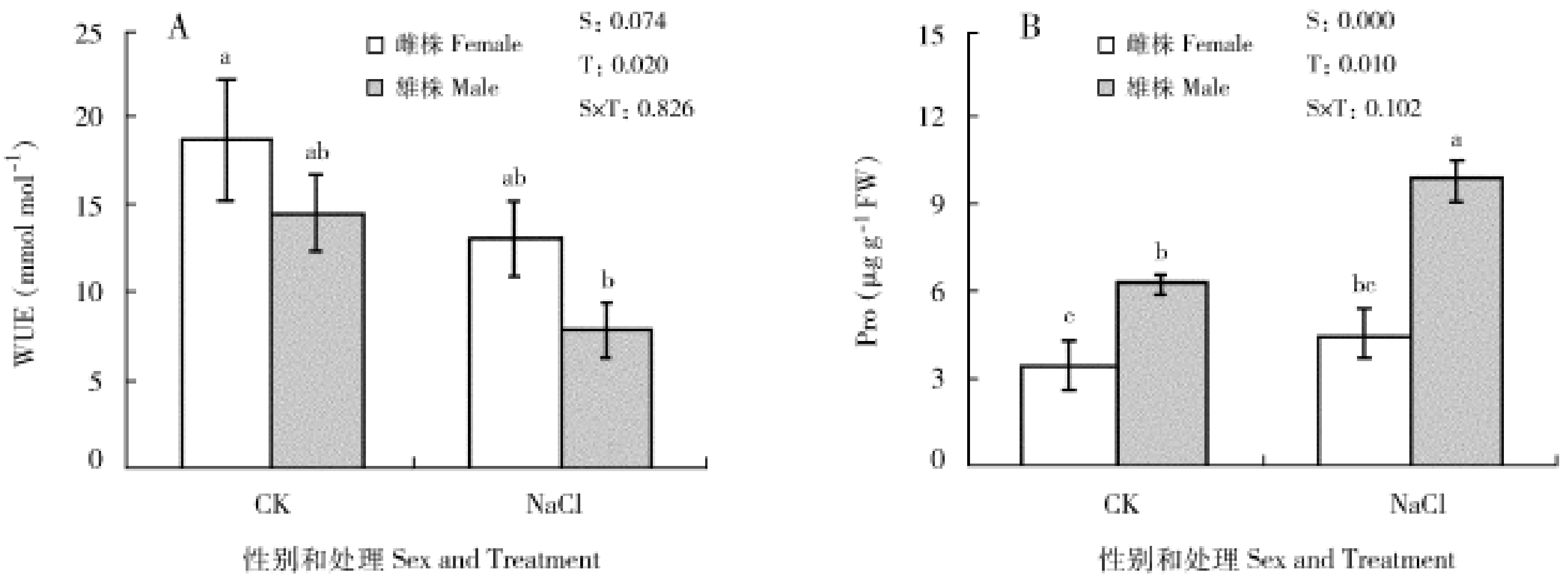

图 1 盐胁迫下银杏雌雄幼苗的内在水分利用效率 (WUE) 和游离脯氨酸 (Pro) 含量

S: **性别效应**; T: **盐处理效应**; S×T: **性别与盐处理交互效应**

Fig.1 The intrinsic water use efficiency (WUE) and proline (Pro) content of male and female *G. biloba* seedlings under salt stress

S: sex effect; T: salt treatment effect; S×T: sex×salt treatment interaction effect

了 57.85%。与此同时，我们还检测到银杏雌雄株的 Pro 含量间具有极显著差异 ($P = 0.000$): 在对照条件下雄株的 Pro 含量比雌株高 81.40%; 在盐胁迫下，雄株的 Pro 含量是雌株的 2.19 倍。由此推测，与雌株相比，雄株在盐胁迫下可能会积累更大量的 Pro，对盐胁迫更敏感。

2.3 盐胁迫下银杏雌雄幼苗间超氧化物歧化酶和过氧化物酶活性的差异

盐胁迫下测得银杏雌雄幼苗的超氧化物歧化酶和过氧化物酶活性的结果见图 2。

由图 2A 可知，40 mmol L^{-1} 盐胁迫具有降低银杏幼苗超氧化物歧化酶 (SOD) 活性的趋势，其中雌株的 SOD 值由 732.56 降至 564.35，降低了 22.96%; 雄株的 SOD 值由 643.40 降至 494.24，降低了 23.18%。另外，在对照和盐胁迫两种条件下，雌株的 SOD 值均高于雄株，且差异达到极显著水平 ($P = 0.000$)。

盐胁迫也显著降低了雌株银杏幼苗的过氧化物酶 (POD) 活性，但对雄株无显著影响。在对照条件下，雌株的 POD 值比雄株高 43.05%; 在盐胁迫条件下，雌株的 POD 值比雄株略低，但不显著 (图 2B)。

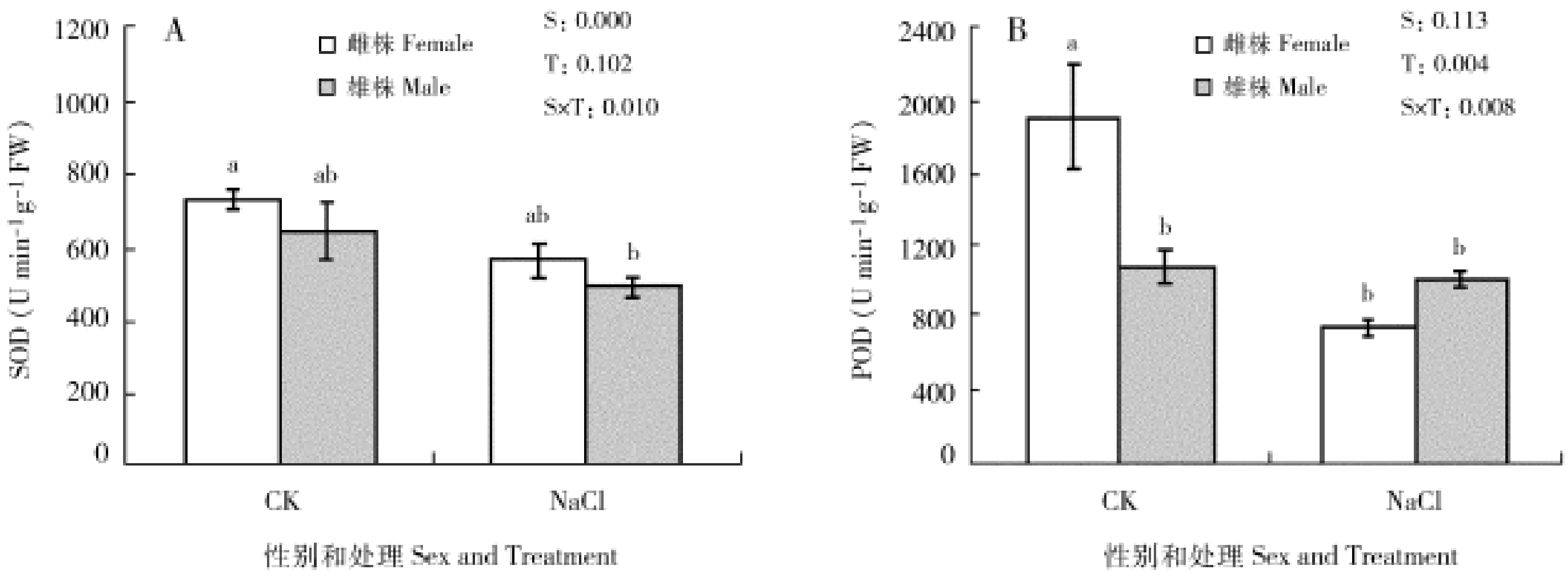

图 2 盐胁迫下银杏雌雄幼苗的超氧化物歧化酶 (SOD) 和过氧化物酶 (POD) 活性

S: **性别效应**; T: **盐处理效应**; S×T: **性别与盐处理交互效应**

Fig.2 The SOD and POD activities of male and female *G. biloba* seedlings under salt stress

S: sex effect; T: salt treatment effect; S×T: sex×salt treatment interaction effect

3 讨论

不同的研究者在对雌雄异株植物进行研究时发现，相同物种的雌雄个体间存在着生理差异，但这种差异在不同物种间表现却并不一致。如刘瑞香（2006）的研究结果表明，中国沙棘雌株的光合速率日平均值高于雄株，而俄罗斯沙棘在水分条件适宜时雄株略高于雌株；Dawson and Ehleringer（1993）对槭树科的 *Acer negundo* 进行研究时发现，雌株具有比雄株更高的光合作用。而另一些研究结果则表明，植物 *Phoradendron juniperimum*、*Silene latifolia* 和 *Populus tremuloides* 的雄株比雌株的光合作用强（Marshall 等，1993；Gehring and Monson，1994；Wang and Curtis，2001）。我们的研究结果表明，在对照和盐胁迫两种条件下，雌株的光合速率均比雄株偏高，该结论与金静等（2008）对成年银杏雌、雄株光合特性的研究结果基本一致。这些反映了雌雄异株植物在光合速率方面的性别差异并不一致，而导致这种结果的原因可能与物种的不同及银杏雌、雄株在种群繁衍中所担负的不同功能有关，在繁衍后代时雌性个体需要投入更多的能量（金静等，2008）。

引起植物叶片光合速率降低的因素主要有气孔部分关闭导致的气孔限制和叶肉细胞光合活性下降导致的非气孔限制两类，前者使 Ci 值降低，而后者使 Ci 值升高。当两种因素同时存在时，Ci 的变化取决于占优势的因素，且光合作用非气孔限制的可靠判据是 Ci 值升高的同时 Gs 降低(许大全和张玉忠，1992)。本研究表明，盐胁迫下银杏雌、雄幼苗的 Pn 迅速降低时，Ci 均具有升高的趋势，而且盐胁迫还导致银杏雌、雄幼苗 WUE 分别降低了 30.47%、46.38%。因此，我们认为盐胁迫导致银杏雌、雄幼苗 Pn 降低的主要因素极可能是非气孔限制因子，这种叶肉细胞光合活性急剧降低引起 Pn 的下降幅度高于 Tr，最终导致 WUE 迅速降低。然而雌株体内的 WUE 在盐胁迫前后均高于雄株，由此表明雌株在盐胁迫下能通过维持较低的 Tr 和较高的 WUE 来减少水分散失，更有效地利用水分。

前人的研究结果表明 Pro 是植物对盐胁迫的一种适应性反应，可作为细胞有效的渗透调节物质，具有保护酶和膜结构的功能（Bates 等，1973）。但有些研究结果则认为 Pro 的积累是植物在逆境下受到伤害的结果。Lutts 等（1996，1999）对同一盐胁迫条件下的盐敏感品种和耐盐品种进行研究时发现，前者会积累更多的 Pro。该结果被刘娥娥等（2000）在对水稻幼苗的研究中所证实。本研究表明，盐胁迫会显著提高银杏雌、雄幼苗的 Pro 含量，且雄株的提高幅度大于雌株，胁迫下雄株 Pro 含量是雌株的 2.19 倍。因此，我们认为盐胁迫下银杏雌、雄幼苗积累 Pro 可能不是响应渗透胁迫的结果，而是为了应对盐胁迫的干扰，减少其伤害的一种保护性响应或具有其他非渗透调节的功能，且雄株积累了较多的 Pro，由此推测雄株较雌株对盐胁迫更敏感。

Fadzilla 等（1997）的研究表明超氧化物歧化酶（SOD）能通过歧化反应使超氧阴离子（O_2^-）转变为无毒的 O_2 和毒性较低的 H_2O_2，而 H_2O_2 又被 POD、CAT 等酶进一步分解为 H_2O 和 O_2。因此 SOD、POD 等保护酶在一定程度上能协同清除过量的活性氧（ROS），维持 ROS 代谢平衡、保护膜结构，对提高植物的耐盐性具有重要作用（Liang 等，2003）。我们的研究结果表明，盐胁迫具有降低银杏雌、雄幼苗 SOD 活性的趋势，且雌株的下降幅度较小，胁迫下银杏雌株的 SOD 活性也略高于雄株。银杏雌、雄幼苗的 POD 活性在盐胁迫下也均有降低趋势，而雌株的下降幅度较大，胁迫下雌株的 POD 活性值也略低于雄株。由此表明银杏雌、雄幼苗经过盐胁迫处理后，其体内 ROS 的产生和清除这一动态平衡过程可能受到了干扰，其生成量在一定程度内超过了抗氧化物酶系统的清除能力，从而使得植株膜脂过氧化而产生了具有细胞毒性的物质如丙二醛等。雌株的 POD 活性值会迅速降低，可能与体内 POD 同 CAT 或 APX 等酶争夺共氢体时存在相互抑制现象有关。

综上所述，40 mmol L^{-1} 的盐浓度不仅会降低银杏雌雄幼苗的光合速率，影响气体交换；还会降低 WUE、SOD 及 POD 等酶活性，提高游离 Pro 含量。该结论与前人对大部分盐胁迫下非盐生植物各项指标的变化趋势基本一致（朱会娟等，2007；刘爱荣等，2007；Lutts 等，1996）。研究结果还表明，盐胁迫前后雌株的光合速率、内在水分利用效率和酶活性均高于雄株，且胁迫后脯氨

酸含量的变化幅度小于雄株，由此推测银杏雌株幼苗在抗盐能力方面可能强于雄株。尽管该结论与 Marshall 等 (1993)、Gehring and Monson (1994) 以及 Wang and Curtis (2001) 等对逆境胁迫下其它雌雄异株被子植物的研究结果并不一致，但银杏具有年生长期较短，停止生长较早，年生长量小，缓苗期较长等特性 (曹福亮，2002)，另外银杏属裸子植物门，其生理生态特性可能不同于被子植物，金静等 (2008) 对 20 种裸子植物和 59 种被子植物的光合特征进行统计时发现，后者具有更强的光合能力。因此不同生长期的银杏雌雄幼苗在抗盐胁迫方面可能存在差异，另外裸子和被子植物雌雄株在胁迫环境下也极有可能表现出相异的适应对策。

〔参 考 文 献〕

赵可夫，李法曾，1999. 中国盐生植物 [M]. 北京：科学出版社，1—6

曹福亮，2007. 中国银杏志 [M]. 北京：中国林业出版社，53—57

Bates LS, Walderen RD, Taere ID, 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies [J]. *Plant Soil*, 39: 205—207

Bierzychudek P, Eckhart V, 1988. Spatial segregation of the sexes of dioecious plants [J]. *American Naturalist*, 132: 34—43

Bullock SH, Bawa KS, 1981. Sexual dimorphism and the annual flowering pattern in *Jacaratia dolichaula* (D. Smith) Woodson (Caricacceae) in a Costa Rica rain forest [J]. *Ecology*, 62: 1494—1504

Chance B, Maehly AC, 1955. Assay of catalase and peroxi-dases [J]. *Methods in Enzymology*, 11: 764—775

Chen XS (陈学森), Zhang WC (章文才), Dong H (董会), 1998. The progress in the research of Chinese *Ginkgo biloba* L. [J]. *Journal of Shandong Agricultural University* (山东农业大学学报), 29 (3): 415—418

Dawson TE, Ehleringer JR, 1993. Gender-specific physiology, carbon isotope discrimination and habitat distribution in boxelder Acer Negundo [J]. *Ecology*, 74 (3): 798—781

Fadzilla NM, Finch RP, Burdon RH, 1997. Salinity, oxidative stress and antioxidant responses in shoot culture of rice [J]. *Journal of Experimental Botany*, 48: 325—331

Gehring JL, Monson RK, 1994. Sexual differences in gas exchange and response to environmental stress in dioecious *Silene latifolia* (Caryophyllaceae) [J]. *American Journal of Botany*, 81 (2): 166—174

Giannopolits CN, Ries SK, 1977. Superoxide dismutases: occurrence in higher plants [J]. *Plant Physiology*, 59: 309—314

Jin J (金静), Jiang H (江洪), Yu SQ (余树全) *et al.*, 2008. Sex-linked photosynthetic physiologic research and the evolutionary ecological analysis in relict plant, *Ginkgo biloba* L. [J]. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), 28 (3): 1128—1136

Jing SW, Coley PD, 1990. Dioecy and herbivory: the effect of growth rate on plant defense in *Acer negundo* [J]. *Oikos*, 58: 369—377

Li XM (李雪梅), He XY (何兴元), Chen W (陈玮) *et al.*, 2007. Effects of elevated atmospheric CO_2 concentration on endogenous hormones in *Gingko* leaves [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 18 (7): 1420—1424

Liang YC, Chen Q, Liu Q *et al.*, 2003. Exogenous silicon (Si) increases antioxidant enzyme activity and reduces lipid peroxidation in roots of salt-stressed barley (*Hordeum vulgare* L.) [J]. *Journal of Plant Physiology*, 160: 1157—1164

Liu AR (刘爱荣), Zhang YB (张远兵), Chen QY (陈庆榆) *et al.*, 2007. Effects of salt stress on the growth and the photosynthesis in *Alternanthera philoxeroides* (Amaranthaceae) [J]. *Acta Botanica Yunnanica* (云南植物研究), 29 (1): 85—90

Liu EE (刘娥娥), Zong H (宗会), Guo ZF (郭振飞) *et al.*, 2000. Effects of drought, salt and chilling stresses on proline accumulation in shoot of rice seedlings [J]. *Journal of Tropical and Subtropical Botany* (热带亚热带植物学报), 8 (3): 235—238

Liu RX (刘瑞香), 2006. Effects of photosynthetic and transpiration rate on *Hippophae rhamnoides sinensis* and *Hippophae rhamnoides* in different soil water condition [J]. *Bulletin of Soil and Water Conservation* (水土保持学报), 26 (1): 1—15

Long C (龙程), Pan RC (潘瑞炽), 1991. Discrimination of female and male *Asparagus officinalis* L. by bromothymol blue [J]. *Plant Physiology Communications* (植物生理学通讯), 27 (3): 204—205

Luo P (罗培), Zhou SL (周申立), 2007. Effect of land use on ecological benefit of farm belt in suburbs—a case study was conducted of Gaoping district, Nanchong city, Sichuan province [J]. *Journal of Ecology and Rural Environment* (生态与农村环境学报), 23 (4): 6—10

Lutts S, Kinet JM, Bouharmont J, 1996. Effects of salt stress on growth, mineral nutrition and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance [J]. *Plant Growth Regulation*, 19: 207—218

Lutts S, Kinet JM, 1999. NaCl effects on proline metabolism in rice (*Oryza sativa* L.) seedlings [J]. *Plant Physiology*, 105: 450—458

Major RT, 1967. The *Ginkgo*, the most ancient living tree [J]. *Science*, 157 (794): 1270—1273

Marshall JD, Dawson TE, Ehleringer JR, 1993. Gender-related differences in gas exchange are not related to host quality in the xylem-tapping mistletoe, *Phoradendron juniperinum* (Viscaeae) [J]. *American Journal of Botany*, 80 (6): 641—645

Melampy MN, Howe HF, 1977. Sex ratio in the tropical tree *Triplaris americana* (Polygonaceae) [J]. *Evolution*, 31: 867—872

Smith JV, Luo Y, 2004. Studies on molecular mechanisms of *Ginkgo biloba* extract [J]. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 64: 465—472

Wallace CS, Rundel PW, 1979. Sexual dimorphism and resource alloca-

tion in male and female shrubs of *Simmondsia chinensis* [J]. *Oecologia*, 44: 34—39

Wang J (王建), Wang JL (王九龄), Xin XB (辛学兵), 2000. Seed growth characteristics of *Ginkgo biloba* and its physiological change [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 11 (4): 507—512

Wang XH, Curtis PS, 2001. Gender-specific responses of *Populus tremuloides* to atmospheric CO_2 enrichment [J]. *New Phytologist*, 150 (3): 675—684

Xu DQ (许大全), Zhang YZ (张玉忠), 1992. Photoinhibition of photosynthesis in plants [J]. *Plant Physiology Communications* (植物生理学通讯), 28 (4): 237—243

Xu X (胥晓), Yang F (杨帆), Yin CY (尹春英) *et al.*, 2007. Research advances in sex-specific responses of dioecious plants to environmental stresses [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 18 (11): 2626—2631

Xu X, Yang F, Xiao XW *et al.*, 2008. Sex-specific responses of *Populus cathayana* to drought and elevated temperatures [J]. *Plant Cell and Environment*, 31: 850—860

Yu RM (于荣敏), Gao Y (高越), Song LY (宋丽艳) *et al.*, 2004. The immobilized cells cultures of *Ginkgo biloba* and theproduction of ginkgolides [J]. *Acta Botanica Yunnanica* (云南植物研究), 26 (3): 338—344

Zhou ZY (周志炎), 2003. Mesozoic ginkgoales: phylogeny, classification and evolutionary trends [J]. *Acta Botanica Yunnanica* (云南植物研究), 25 (4): 377—396

Zhu HJ (朱会娟), Wang RG (王瑞刚), Chen SL (陈少良) *et al.*, 2007. Genotypic differences between *Populus euphratica* and *P. popularis* in antioxidative ability and salt tolerance under NaCl stress [J]. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), 27 (10): 4113—4121

Zhu JK, 2001. Plant salt tolerance [J]. *Trends in Plant Science*, 6: 66—71

* * * * * * * * * * * * * * *

天然有机(药物)化学名家论坛在兰州大学成功召开

2009 年 9 月 9 日由中国植物学会植物化学与资源学专业委员会、兰州大学功能有机分子化学国家重点实验室和兰州大学化学化工学院联合主办、为期一天的“天然有机(药物)化学名家论坛”在兰州大学成功召开，并圆满结束。

来自全国主要高校和研究所的 20 多位活跃在一线的知名天然有机(药物)化学家，与 100 多位兰州大学师生，就天然有机(药物)化学的最新进展、前沿和热点问题进行了充分研讨，并形成了一定共识。

参加论坛的专家中有孙汉董院士，该学科主要的国家杰出青年基金、高校长江学者和中国科学院“百人计划”获得者如车永胜、陈道峰、郭跃伟、果德安、郝小江、胡立宏、孔令义、刘吉开、娄红祥、沈月毛、石建功、谭宁华、谭仁祥、涂永强、屠鹏飞、王锐、姚祝军、叶文才、岳建民、庾石山、张卫东等教授或研究员，以中青年学者为主，是一次难得的大聚会。开幕式由兰州大学功能有机分子化学国家重点实验室主任涂永强教授主持。兰州大学化学化工学院院长刘伟生教授在开幕式上致欢迎辞。国家自然科学基金委员会化学部杜灿屏处长和医学部吴镭处长出席并先后致辞，他们充分肯定了国内天然有机(药物)化学学科良好的学术交流氛围与和谐的学术团体精神，期望大家今后为国家科学事业，特别是自然科学基金工作做出更大贡献。中国植物学会植物化学与资源学专业委员会主任谭仁祥教授在闭幕式上做了总结。

天然有机(药物)化学是一门极富包容性和创新力的学科，它在学科发展的各阶段都能及时吸收多学科(特别是化学和生物学学科)的新知识、新技术，探知大自然界造就的奇异分子，特别是植物和微生物产生的且具有药用潜力的“小分子”，大大促进有机化学、药物化学等相关学科的发展。此次论坛报告中涉及了植物、微生物、海洋生物等多种生物资源的、多种类型成分的提取分离、结构鉴定、有机合成、质量标准、生物合成、生物活性、生物功能与新药研究等最新进展，显示了该学科与其它学科交叉、合作的令人兴奋的成果，展示了作为天然有机(药物)化学大国走向国际化的令人欣慰的潜力。在讨论中大家一致认为应进一步加强天然小分子的功能认识，进一步提高我国在国际上的影响，进一步发掘我国丰富的天然小分子药用资源。

论坛适逢第二十五个教师节、兰州大学百年校庆和著名天然有机化学家贾忠建教授八十华诞，浓浓师生情和喜庆的校园氛围，以及大家的恭贺祝福和欢声笑语共为本次论坛画上了精致圆满句号！

中国植物学会植物化学与资源学专业委员会

谭宁华

2009 年 9 月 15 日